

CA1 HW1180 E58

CA1 HW 1180E58

Canada. DNH. EHD.

80-EHD-58

DIELECTRIC (RF) HEATERS GUIDELINES FOR LIMITING
RADIO-FREQUENCY EXPOSURE, 1980.

nté et Bien-être social
ada

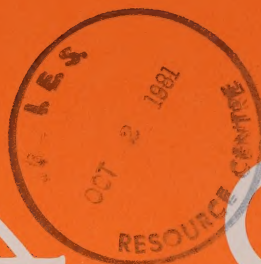
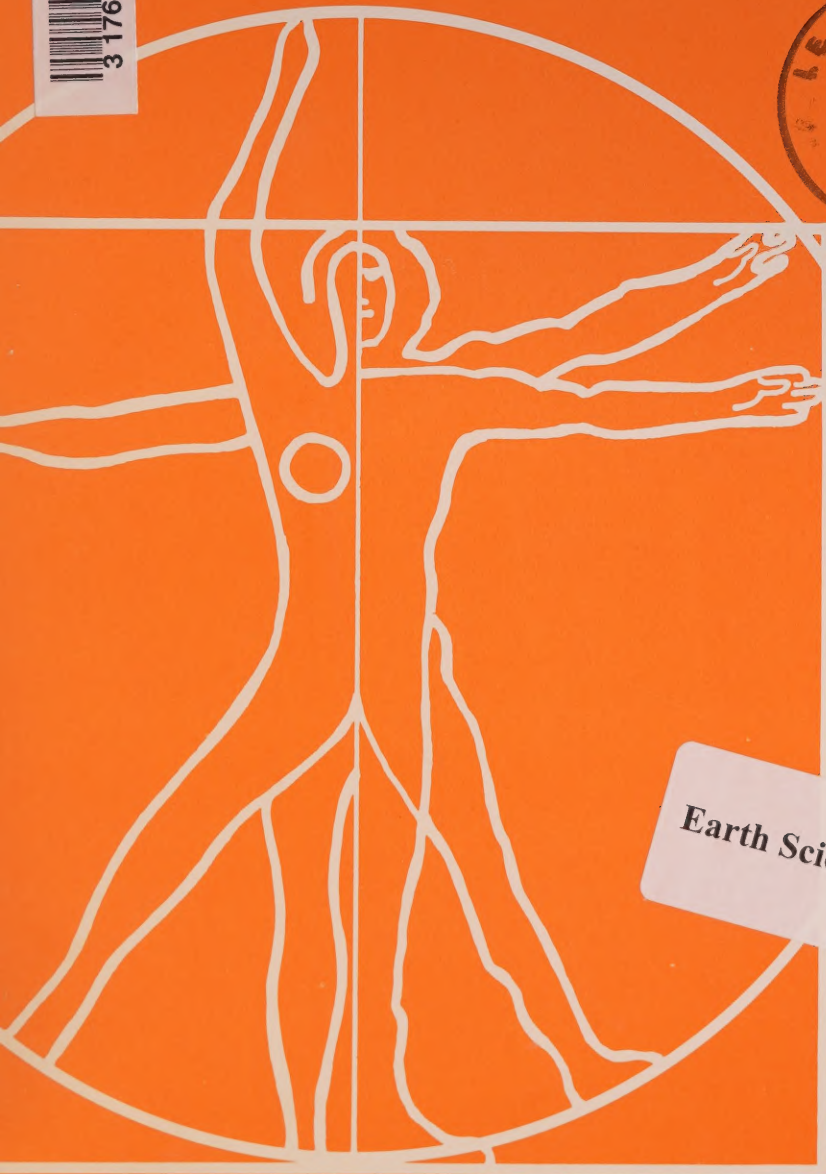
80-EHD-58

CA1 HW1180 E58

Dielectric (RF) heaters guide- lines for limiting radio- frequency exposure



3 1761 05688786 2



Earth Sciences Library

DIELECTRIC (RF) HEATERS
GUIDELINES FOR LIMITING RADIO-FREQUENCY EXPOSURE

Environmental Health Directorate
Health Protection Branch

Published by Authority of the
Minister of National Health and Welfare

1980

COPIES OF THIS PUBLICATION
MAY BE OBTAINED FROM:

Information Directorate
Department of National Health
and Welfare,
5th Floor
Brooke Claxton Building,
OTTAWA K1A 0K9

PREFACE

This document provides guidelines for the operation of dielectric heaters to minimize exposure of the operators to the radio-frequency radiation emitted by the heaters. The safety guidelines are intended for the instruction and guidance of persons employed in Federal Public Service departments and agencies, as well as those coming under the jurisdiction of the Canada Labour Code. The guidelines may also assist provincial authorities having responsibility for controlling the installation and use of radiation-emitting devices.

The document was drafted by Drs. M.A. Stuchly and M.H. Repacholi in cooperation with Drs. P.J. Waight and W.M. Zuk of the Radiation Protection Bureau.

Interpretation or elaboration on any point can be obtained by contacting the Non-Ionizing Radiation Section of the Radiation Protection Bureau in Ottawa.



Digitized by the Internet Archive
in 2025 with funding from
University of Toronto

<https://archive.org/details/31761056887862>

TABLE OF CONTENTS

	<u>Page</u>
1. INTRODUCTION	1
2. BIOLOGICAL EFFECTS OF RF EXPOSURE	2
3. RECOMMENDED MAXIMUM EXPOSURE LEVELS IN CANADA	6
4. CHARACTERISTICS OF DIELECTRIC HEATERS	7
5. RF RADIATION SURVEYS	9
5.1 Instrumentation	9
5.2 Survey Procedure	11
6. CONTROL OF OPERATOR EXPOSURE	13
REFERENCES	16

1. INTRODUCTION

Surveys performed by the Radiation Protection Bureau in Canada, and by several government agencies in the U.S.A., have indicated that many dielectric radio-frequency (RF) heaters expose operators to high intensity RF fields. In many instances, measured field intensities exceeded the recommended maximum occupational exposure levels recently published by the Federal Government in Canada (1).

Exposure to high levels of RF radiation over prolonged periods can cause adverse health effects. It is important, therefore, that such exposures be eliminated.

The purpose of these guidelines is to give specific advice on methods for evaluating (measuring) and controlling operator exposure to RF radiation from dielectric heaters to ensure conformity with the Canadian exposure standard. Measurement techniques and instrumentation used for surveying are also outlined. A summary of the biological effects reported from exposure to RF radiation is given, but for a more comprehensive review other documents should be consulted (2,3).

2. BIOLOGICAL EFFECTS OF RF EXPOSURE

Electromagnetic radiation at the frequencies of operation of RF heaters (1 - 100 MHz) is known to produce a variety of biological effects on experimental animals exposed to fields of sufficiently high intensity. Some of the effects have been well documented and corroborated, but the validity of others remains questionable. The induced effects are of varying degrees of importance, from the safety viewpoint, and include reversible benign effects, as well as potentially hazardous effects.

It has been documented that biological effects of RF exposure depend not only on the intensity of the exposure field and the duration of exposure, but many other parameters. This is due to a highly complex relationship between the exposure conditions and absorbed dose. Reliable methods for routinely measuring the absorbed energy dose do not exist. The rate of energy absorption (dose rate) depends, in addition to the intensity of the exposure field, on the following: the radiation frequency, field polarization, subject-to-source configuration, subject's size and shape, and the presence of metal objects or other living subjects nearby. The spatial distribution of the absorbed energy in an exposed animal or human being is highly non-uniform and depends on exposure field parameters such as the frequency, polarization, mode of propagation (e.g., a plane wave, a reactive near-field) and characteristics of the subject, such as the shape, size, electrical properties, internal tissue structure, etc. Determination of absorbed dose is particularly complex when exposure occurs in the near-field of the RF radiation source.

When exposure is in the far-field (plane-wave propagation), it has been shown (2), that for a given size and shape of a biological body, there is a frequency at which a maximum amount of RF power is absorbed in the exposed body. This frequency is called the resonant frequency. Not only does the maximum absorption occur at this frequency, but in a range of frequencies around it, the distribution of the absorbed power in the body is highly non-uniform. An increased absorption occurs in various places inside the body, resulting in so-called "hot spots". For human beings the resonant frequencies are between 30 and 100 MHz, depending on the size and the environment.

For instance, for a standard man (1.75 m, 70 kg), the resonant frequency has been estimated at approximately 80 MHz. If this man stands on a metal platform and his feet are in contact with it, his resonant frequency decreases to approximately 40 MHz. For small experimental animals resonant frequencies are much higher, e.g., for a rat, 900 MHz, for a mouse, 2000 MHz. No evaluation has been performed on the dependence of the absorbed dose from a given exposure field when the exposure is in the near-field. However, qualitatively similar resonant phenomena can be inferred.

There is no reliable data available on biological effects of RF radiation on human beings. A brief summary of biological effects observed on experimental animals exposed to electromagnetic radiation at frequencies between 10 and 100 MHz is given in Table 1 (6). The results from experimental studies on animals performed at higher frequencies, especially those corresponding to the maximum absorption for various animal species, also can provide useful information on possible hazards of exposure of people to RF fields. Comprehensive reviews of biological effects of electromagnetic radiation at frequencies 10 MHz - 300 GHz are given in references (2, 3). However, there is practically no data on the effects of exposure in the near-field.

Assessing biological effects and potential health hazards of exposure to RF heater radiation is particularly difficult, because exposure of the operator invariably takes place in the near-field of the radiation source. Unfortunately, as previously mentioned, there are numerous difficulties in determining the absorbed dose resulting from given exposure conditions. The exposure field has to be described by four parameters, the intensity of the electric field and the intensity of the magnetic field and their directions, while in the far-field the intensity and direction of the electric field (or the magnetic field) provides sufficient information as the fields are interrelated (most commonly, exposure in the far-field is described in terms of the power density).

TABLE 1
Biological Effects of Frequencies 1 - 100 MHz

Exposure Conditions	Species/Tissue	Effect
Above 0.1 W/cm ² or equivalent		
8 kV/m, 55 A/m, 19 MHz	mice/rat	Physiological changes (blood circulation and fluid conservation)
5.2 kV/m, 5 and 26 MHz	mice/blood	Transient shift in population of white blood cells
3.4 kV/m, 26 MHz	rat/lymphocytes	Decreased number of lymphocytes at 5 hr post-exposure, return to normal within 24 hrs
2 W/cm ² , 26 MHz	rat	Increased vascular permeability
1.32 W/cm ² , 19.3 and 26.6 MHz	monkey/lymphocytes	Enhanced mitotic activity
0.5 - 1.27 W/cm ² , 15, 20, 26 MHz	monkey/optical, hematological, biochemical, thermoregulatory parameters	No variations from normal values
2.25 kV/m, 14.9 MHz	rat/central nervous system	Suppressed cholinesterase activity
2 kV/m, 69.7 MHz	mice	Acute exposure - pronounced disorders of internal organs leading to death; chronic exposure - histiocytic reaction in internal organs indicating adaptive process
180 mW/cm ² , 19.3 MHz	monkey/eye	No ocular effects (absence of cataracts)
1.7 kV/m, 26 MHz	rat/lymphocytes	No change in number of lymphocytes
1.6 kV/m, 13.12 MHz	rat/liver	Absence of cellular damage

TABLE 1 (cont'd)

Exposure Conditions	Species/Tissue	Effect
1 - 100 mW/cm ²		
15 mW/cm ² , 12 MHz	rat/behaviour	Heat stress
1, 5, 10 mW/cm ² , 12 MHz	rat/behaviour	No effect
200 and 800 V/m, 48 MHz 2 and 1 A/m	rat	Retardation of reflex activity of CNS, reduction of blood pressure, blood sugar decrease in magnetic field, but increase in electric field
300 V/m, 29 MHz	Drosophila/chromosomes	No effect
80 - 330 V/m, 40 MHz	mice/blood	Hypercoagulability
30 - 120 V/m, 39 MHz	rat/behaviour	Modification of behaviour (disturbances in mechanisms of appraisal of action and of decision-making)
Unspecified		
15, 19, 21 and 25 MHz	hamster/lung cells	Chromosomal breakage
27 MHz	rat/liver and brain	Decrease in enzyme activity
39 MHz	tenebrio	Damage to ovaries and testes, interference with reproduction ability
60 MHz	rat	Gastrointestinal effects
10.15 and 19.3 MHz	mice	No effect of irradiation on growth and development

3. RECOMMENDED MAXIMUM EXPOSURE LEVELS IN CANADA

Dielectric RF heaters operate within the frequency range 1 - 100 MHz. The maximum levels recommended by Safety Code - 6 (1) for "occupational exposure" of workers in federal establishments at these frequencies are as follows:

1. For whole - or partial-body exposure (including extremities) averaged over a one-minute period
(rms) electric field intensity 300 V/m
(rms) magnetic field intensity 0.8 A/m
power density 25 mW/cm²
2. For whole - or partial-body exposure with exception of the extremities (limbs of the body including arms and thighs) averaged over a one-hour period
(rms) electric field intensity 60 V/m
(rms) magnetic field intensity 0.16 A/m
power density 1 mW/cm²
3. For a whole - or partial-body exposure (with exception of extremities) for periods of exposure longer than 1 minute, but shorter than 1 hour, the maximum time, t (minutes), that a person can be exposed to the field must not exceed

$$t = 60/W,$$

where W (mW/cm²) is the equivalent plane-wave power density.

The equivalent power density corresponding to the electric field intensity E (V/m) and the magnetic field intensity H (A/m) is:

$$W = E^2/3770,$$

$$W = 37.7 H^2$$

4. For extremities exposure averaged over a one-hour period
(rms) electric field intensity 200 V/m
(rms) magnetic field intensity 0.5 A/m
power density 10 mW/cm²
5. For exposure of extremities for periods longer than 1 minute, but shorter than 1 hour, the maximum time, t (minutes), that extremities can be exposed to the field must not exceed

$$t = 600/W$$

where W (mW/cm²) is the equivalent plane-wave power density.

4. CHARACTERISTICS OF DIELECTRIC HEATERS

There is a variety of designs of dielectric heaters on the market. A typical heater consists of a cabinet housing the RF generator and electronic circuitry, a press, an applicator or die where the processed material is subjected to the RF energy, and a bed plate to support and move the processed material (Figure 1).

Mechanical and electrical characteristics of the heater and the applicator affect operator exposure to RF fields. Important electrical characteristics include the output RF power, operating frequency and duty cycle. The duty cycle is defined as the ratio of the time period when the RF power is on to the sum of this period and the period when the RF power is off for a typical operational cycle. For example, if a plastic sealer has the RF power on for 3 seconds, followed by 30 seconds when power is off while more plastic is placed in the applicator, the duty cycle is then equal to $3/(30+3) = 0.09$.

Mechanical characteristics of the heater, its design and construction, and particularly those characteristics of its applicator are important. There are two sources of stray RF fields to which the operator may be exposed. The major source is the applicator, and unless it is completely shielded, there always will be some leakage radiation. In designs where the applicator is enclosed in a tightly fitting or overlapping metal enclosure, there is practically no leakage of RF energy. For unshielded applicators, the intensity of the stray electric and magnetic field depends on the size and shape of the applicator and on the material processed. The fields decrease with the distance from the applicator, but the rate of decrease depends on the applicator design and can only be determined by measurement. The field intensities may vary considerably at various points at the same distance from the external surface of the applicator.

The second potential source of stray RF fields is the RF energy generator. Normally it is enclosed in a metal cabinet and, provided the door is kept closed and all shields are in place, there is practically no radiation leakage. The cabinet door is frequently equipped with an interlock which renders the RF generator inoperable when the door is open.

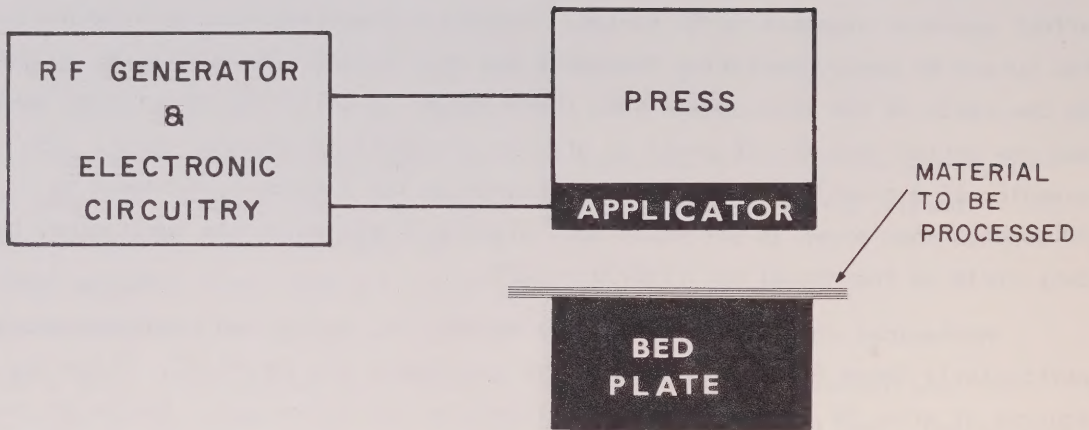


Figure 1- Basic parts of a dielectric RF heater

5. RF RADIATION SURVEYS

To determine the RF radiation exposure to operators of a dielectric heater, the electric and magnetic field intensities must be measured. Two separate sensors (probes) with a compatible meter, or two separate instruments, have to be used.

5.1 Instrumentation

The following characteristics should be considered when choosing instruments suitable for measuring RF fields.

(a) Quantity Measured. The electric field intensity is measured in units of volt per metre (V/m). Some meters may have their scale in units of power density i.e., mW/cm² or W/m² (1 mW/cm² = 10 W/m²). In such a case, the electric field intensity, E, can be calculated as

$$E = \sqrt{W \times 377},$$

where W is the power density in W/m².

The magnetic field intensity is measured in units of ampere per metre (A/m). If a meter has a scale in power density units, the intensity of the magnetic field, H, can be calculated from:

$$H = \sqrt{W/377},$$

where W is the power density in W/m².

(b) Accuracy. The accuracy of the instrument should be ± 2 dB or better.

(c) Frequency Response. The instrument should be designed as operating at the frequency at which the dielectric heater operates. Use of broadband (wide frequency range) instruments is recommended. A broadband frequency response ensures that field components of the fundamental frequency and its harmonics are measured. For some devices as much as 10% of energy can be at the harmonic frequencies.

(d) Spatial Response. The electric and magnetic fields are vector quantities, i.e., in any point in space they are characterized by two parameters, the magnitude and direction. The direction of the fields around a dielectric heater is not known, and, therefore, the probe of a field meter should respond with the same sensitivity to a field oriented in any direction; such a probe is said to have an isotropic spatial response. However, if a

Operator No. 1

Location	Head	Chest	Waist	Gonads
Max E*	<u>100 V/m</u>	<u>120 V/m</u>	<u>140 V/m</u>	<u>130 V/m</u>
Max H*	<u>0.5 A/m</u>	<u>1.2 A/m</u>	<u>0.6 A/m</u>	<u>0.4 A/m</u>
Duty Cycle Corrected E**	31.6 V/m	38 V/m	44.3 V/m	41 V/m
Duty Cycle Corrected H**	0.16 A/m	0.38 A/m	0.19 A/m	0.13 A/m

* Maximum meter readings

** Duty cycle refers to E^2 or H^2 , so duty
cycle corrected $E = \text{Max } E \times \sqrt{\text{Duty cycle}}$

In addition to checking the field intensities at operator positions, areas around the generator also should be monitored. All shielding screens and interlocks should be checked to ensure they are in place and operating, and the door is closed.

6. CONTROL OF OPERATOR EXPOSURE

To control exposure of the operator of dielectric RF heaters the procedures given below should be followed:

(a) Surveys. A survey of RF fields should be carried out for each heater when it is installed and after any modification that may affect the RF fields. The survey measurements should be taken with the heater operating with each applicator designated for operation with that heater and with the RF output power adjusted to the maximum level specified for each applicator.

The results of the survey should be compared against the limits recommended in Safety Code - 6 (1). For each operator location and body part, four values should be considered: the maximum electric field intensity; the duty cycle corrected electric field intensity; the maximum magnetic field intensity, and the duty cycle corrected magnetic field intensity. These values should not exceed the following limits:

Maximum electric field 300 V/m (25 mW/cm^2)

Duty cycle corrected electric field 60 V/m (1 mW/cm^2)

Maximum magnetic field 0.8 A/m (25 mW/cm^2)

Duty cycle corrected magnetic field 0.16 A/m (1 mW/cm^2)

(Values in parenthesis show the equivalent power densities.)

(b) Corrective Action. If the exposures are above these limits, corrective action must be taken. Exposures can be limited through shielding of the heater or its parts, or through moving the operating stations further from the device. Shielding is a preferred solution.

(c) Shielding. The area of the heater where excessive leakage of RF energy occurs (normally around the applicator) should be shielded or screened. Flexible, thin metal sheets or straps attached to the upper plate, and in contact with the lower plate of the applicator when the pressure is applied, would provide effective shielding. The shielding should surround the whole applicator. Effectiveness of the shielding must be determined by measurements.

(d) Operator Position. When the field intensities are not substantially greater (no more than 50 percent) than the limits, operator exposure can be controlled by moving the operating stations further from the applicator. Automatic

feeding devices, turntable feed systems and other means of remote material handling are of assistance in removing the operators from close proximity to the heater applicator.

(e) Interlocks. To control leakage of RF energy from the RF generator, the door to the cabinet housing the generator should be equipped with at least one interlock. The interlock should prevent generation of RF energy when the door is open.

(f) Operation Indicator. There should be a clear indication, visible from at least 3 metres from the heater, showing when RF power is turned on.

(g) Personnel Training. Use of RF heaters should be restricted to properly trained personnel. The operators should be aware of precautions to be taken to limit personal exposure. For instance, if the operator exposure is controlled through the position of his/her operating station, he/she should be taught not to approach the device when the RF power is on.

(h) Warning Signs. Areas in which RF field intensities exceed the recommended limits should be posted. The warning sign of the design shown in Figure 2 should be of such a size that it can be recognized and is readable from a distance of 3 metres.

(i) Maintenance and Repair. Dielectric RF heaters should be maintained on a regular basis and repaired when necessary by a qualified serviceman, who is aware of all aspects of design, construction and functioning of the device in relation to control of RF leakage. The serviceman should take special precautions to ensure that all the shields and screens are in place.

(j) Access Restriction. Whenever the field intensities around an RF heater exceed the recommended limits, access to the room, or the clearly separated area where the heater is placed, should be limited to the heater operators, maintenance personnel, authorized supervisors and industrial hygiene and safety personnel.

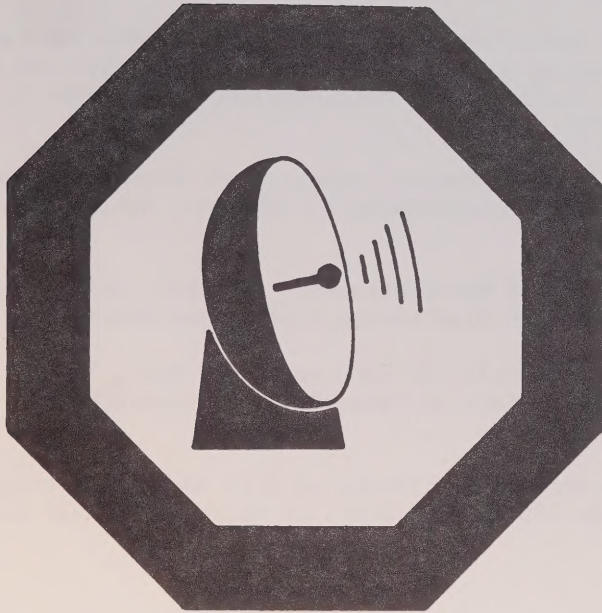


Figure 2 - Warning Sign

REFERENCES

1. Safety Code - 6, "Recommended safety procedures for the installation and use of radio-frequency and microwave devices in the frequency range 10 MHz - 300 GHz". Health and Welfare Canada, Environmental Health Directorate Publication 79-EHD-30, February 1979.
2. "Health Aspects of Radio-Frequency and Microwave Radiation Exposure, Parts I and II", Environmental Health Criteria Document, Health and Welfare Canada, Environmental Health Directorate Publications 77-EHD-13, 1977 and 78-EHD-22, 1978.
3. "The Biological Effects of Radio-Frequency and Microwave Radiation", Publ. No. NRCC 16448 of the Environmental Secretariat, National Research Council of Canada, 1979.
4. "Report on the Surveys of Radio-Frequency Heaters", Health and Welfare Canada, Environmental Health Directorate Publication 80-EHD-47, 1980.
5. M.A. Stuchly, M.H. Repacholi, D. Lecuyer and R. Mann, "Radiation Survey of Dielectric (RF) Heaters in Canada", J. Microwave Power, Vol. 15, No. 2, 1980.
6. J.C. Monahan, "The Biological Effects of 3 to 70 MHz Electromagnetic Radiation", HHS Publication (FDA), U.S. Dept. of Health and Human Services, 1981.

LIGNES DIRECTRICES POUR LA LIMITATION DE L'EXPOSITION AUX
RADIOFRÉQUENCES ENGENDRÉES PAR LES DISPOSITIFS DIÉLECTRIQUES POUR
LE CHAUFFAGE À RADIOFRÉQUENCE (HF)

Direction de l'hygiène du milieu
Direction générale de la protection de la santé

Publication autorisée par le
Ministre de la Santé nationale et du Bien-être social
1980

DES EXEMPLAIRES DE CE RAPPORT
PEUVENT ÊTRE OBTENUS DE LA

Direction de l'information
Ministère de la Santé nationale et du
Bien-être social
5^e étage
Immeuble Brooke Claxton
Ottawa K1A 0K9

AVANT-PROPOS

Le présent document fournit des lignes directrices visant à minimiser l'exposition des opérateurs de dispositifs diélectriques chauffants aux radiofréquences émises par ces dispositifs. Le code de sécurité est destiné à informer et à guider les employés au service des ministères et des organismes de la Fonction publique fédérale, ainsi que les personnes dont le travail est régi par le Code de travail du Canada. Les lignes directrices peuvent également se révéler utiles aux autorités provinciales responsables de la réglementation, de l'installation, et de l'utilisation des dispositifs émettant des radiations.

Le présent document a été rédigé par les docteurs M.A. Stuchly et M.H. Repacholi en collaboration avec le docteur P.J. Waight et le docteur W.M. Zuk du Bureau de la radioprotection.

Toutes les questions ayant trait à l'interprétation ou les demandes d'éclaircissement sur quelque point que ce soit peuvent être adressées à la Section des rayonnements non ionisants du Bureau de la radioprotection à Ottawa.

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
1. INTRODUCTION	1
2. EFFETS BIOLOGIQUES DE L'EXPOSITION AUX HF	2
3. NIVEAUX MAXIMAUX D'EXPOSITION RECOMMANDÉS AU CANADA	6
4. CARACTÉRISTIQUES DES DISPOSITIFS DIÉLECTRIQUES CHAUFFANTS	7
5. CONTRÔLE DES RAYONNEMENTS HF	9
5.1 Instrumentation	9
5.2 Méthode de contrôle	11
6. CONTRÔLE DE L'EXPOSITION DE L'OPÉRATEUR	13
BIBLIOGRAPHIE	16

1. INTRODUCTION

Des enquêtes réalisées par le Bureau de la radioprotection au Canada et par plusieurs organismes gouvernementaux aux États-Unis, ont indiqué que plusieurs dispositifs diélectriques pour le chauffage à radiofréquences (HF) exposent les employés chargés de leur fonctionnement à des champs HF de haute intensité. Dans plusieurs cas, les intensités du champ mesurées dépassaient les niveaux maximaux d'exposition publiés récemment par le Gouvernement fédéral au Canada (1).

L'exposition à des doses élevées de rayonnement HF sur une période de temps prolongée peut avoir des effets nuisibles pour la santé. Il est, par conséquent, important d'éliminer ce type d'exposition.

Le but des présentes lignes directrices est de fournir des indications précises sur les méthodes d'évaluation (mesure) et de surveillance de l'exposition des employés aux rayonnements HF émis par les dispositifs diélectriques chauffants, afin de s'assurer que l'exposition soit conforme à la norme canadienne. On trouvera également dans le présent document les méthodes et les instruments de mesure utilisés. Un résumé des effets biologiques attribuables à l'exposition au rayonnement HF est publié dans ce rapport, mais pour obtenir une vue plus complète, il faudra consulter d'autres documents (2,3).

2. EFFETS BIOLOGIQUES DE L'EXPOSITION AUX RADIOFRÉQUENCES

On sait que le rayonnement électromagnétique aux fréquences de fonctionnement des dispositifs chauffants HF (1 - 100 MHz) engendre des effets biologiques divers chez des animaux de laboratoire exposés à des champs d'intensité suffisamment élevée. Certains de ces effets ont été bien documentés et corroborés, mais la validité de certains autres demeure discutable. Du point de vue de la sécurité, les effets provoqués sont d'une importance variable, depuis les effets bénins réversibles jusqu'aux effets potentiellement dangereux.

Il a été démontré que les effets biologiques de l'exposition aux HF dépendent non seulement de l'intensité du champ d'exposition et de la durée de l'exposition, mais également de plusieurs autres paramètres. Cette situation est due à la relation très complexe qui existe entre les conditions de l'exposition et la dose absorbée. Il n'y a pas de méthode fiable pour mesurer de façon systématique les doses d'énergie absorbée. Le taux d'absorption de l'énergie (débit de dose) dépend, en plus de l'intensité du champ d'exposition, des facteurs suivants: la fréquence du rayonnement, la polarisation du champ, la position relative du sujet et de la source, la taille et la forme du sujet et la présence dans le voisinage d'objets métalliques ou d'autres sujets vivants. La répartition spatiale de l'énergie absorbée chez un animal ou un être humain exposé est très inégale et dépend des paramètres du champ d'exposition tels la fréquence, la polarisation, le mode de propagation (par exemple, une onde plane, un champ proche réactif) et les caractéristiques du sujet (forme, taille, propriétés électriques, structure des tissus internes, etc.). La détermination de la dose absorbée est particulièrement complexe lorsque l'exposition survient dans le champ proche d'une source de rayonnement HF.

Lorsque l'exposition survient dans le champ éloigné (propagation d'une onde plane), il a été démontré (2) que, pour une taille et une forme donnée d'un organisme biologique, il existe une fréquence à laquelle une quantité maximale d'énergie HF est absorbée dans l'organisme exposé. Cette fréquence est appelée fréquence de résonance. Non seulement l'absorption est-elle maximale à cette fréquence, mais, dans une gamme de fréquences voisines, la répartition de l'énergie absorbée dans l'organisme est très inégale. Une absorption accrue survient à divers endroits à l'intérieur de l'organisme, entraînant ce qu'on appelle des "points chauds". Pour les êtres humains, les fréquences de résonance se situent entre 30 et 100 MHz, selon la taille et l'environnement.

Par exemple, pour un homme normal (1,75 m, 70 kg), la fréquence de résonance a été estimée à environ 80 MHz. Si cet homme est debout sur une plate-forme métallique avec laquelle ses pieds sont en contact, la fréquence de résonance diminue à environ 40 MHz. Pour les petits animaux de laboratoire, les fréquences de résonance sont beaucoup plus élevées, par exemple 900 MHz pour un rat et 2000 MHz pour une souris. Aucune évaluation n'a été faite de l'influence exercée par un champ d'exposition donné sur la dose absorbée lorsque l'exposition se fait dans le champ proche. Toutefois, on peut déduire l'existence de phénomènes de résonance qualitativement semblables.

Il n'existe pas de données fiables sur les effets biologiques des rayonnements HF sur les êtres humains. Un bref résumé des effets biologiques observés chez des animaux de laboratoire exposés à des rayonnements électromagnétiques de fréquence variant entre 10 et 100 MHz est présenté au Tableau 1 (6). Les résultats d'études expérimentales réalisées chez des animaux à des fréquences supérieures, et particulièrement aux fréquences correspondant au maximum d'absorption pour diverses espèces animales, peuvent également fournir des renseignements utiles sur les dangers possibles pour les humains découlant de l'exposition à des champs HF. Des études complètes et détaillées sur les effets biologiques du rayonnement électromagnétique à des fréquences variant de 10 MHz à 300 GHz sont présentées dans la bibliographie (2,3). Toutefois, il n'existe pratiquement aucune donnée sur les effets de l'exposition dans le champ proche.

L'évaluation des effets biologiques et des dangers sanitaires potentiels liés à l'exposition aux rayonnements émis par les dispositifs chauffants HF est particulièrement difficile du fait que l'exposition de l'employé a toujours lieu dans le champ proche de la source de rayonnement. Malheureusement, comme on l'a indiqué précédemment, la détermination de la dose absorbée résultant des conditions d'exposition données pose de nombreuses difficultés. Le champ d'exposition doit être décrit en fonction de quatre paramètres, l'intensité du champ électrique et l'intensité du champ magnétique ainsi que leurs directions, tandis que dans le champ éloigné, l'intensité et la direction du champ électrique (ou du champ magnétique) fournissent suffisamment d'information étant donné que les champs sont étroitement liés entre eux (le plus souvent, l'exposition dans le champ éloigné est décrite en termes de densité de puissance).

TABLEAU 1

Effets biologiques des fréquences 1 - 100 MHz

Conditions d'exposition	Espèce/Tissu	Effet
Plus de 0,1 W/cm ² ou l'équivalent		
8 kV/m, 55 A/m, 19 MHz	souris/rat	Changements physiologiques (circulation sanguine et conservation des liquides)
5,2 kV/m, 5 et 26 MHz	souris/sang	Modification passagère de la population de leucocytes
3,4 kV/m, 26 MHz	rat/lymphocytes	Diminution du nombre de lymphocytes 5h après l'exposition, retour à la normale en 24h
2 W/cm ² , 26 MHz	rat	Augmentation de la perméabilité vasculaire
1,32 W/cm ² , 19,3 et 26,6 MHz	singe/lymphocytes	Activité mitotique accrue
0,5 - 1,27 W/cm ² , 15, 20, 26 MHz	singe/paramètres optiques, hématologiques, biochimiques et thermorégulation	Aucune variation par rapport aux valeurs normales
2,25 kV/m, 14,9 MHz	rat/système nerveux central	Suppression de l'activité cholinestérasique
2 kV/m, 69,7 MHz	souris	Exposition aiguë - atteinte grave des organes internes entraînant la mort; Exposition chronique - réaction histiocytique dans les organes internes indiquant un processus d'adaptation
180 mW/cm ² , 19,3 MHz	singe/oeil	Aucun effet oculaire (absence de cataractes)
1,7 kV/m, 26 MHz	rat/lymphocytes	Aucun changement dans le nombre de lymphocytes
1,6 kV/m, 13,12 MHz	rat/foie	Absence de lésions cellulaires

TABLEAU 1 (suite)

Conditions d'exposition	Espèce/Tissu	Effet
1 - 100 mW/cm ²		
15 mW/cm ² , 12 MHz	rat/comportement	Stress de chaleur
1, 5, 10 mW/cm ² , 12 MHz	rat/comportement	Aucun effet
200 et 800 V/m, 48 MHz 2 et 1 A/m	rat	Retard de l'activité réflexe du SNC, réduction de la tension artérielle, diminution du glucose sanguin dans le champ magnétique, mais augmentation dans le champ électrique
300 V/m, 29 MHz	drosophile/chromosomes	Aucun effet
80 - 330 V/m, 40 MHz	souris/sang	Hypercoagulabilité
30 - 120 V/m, 39 MHz	rat/comportement	Modification du comportement (atteinte des mécanismes d'évaluation de l'action et de prise de décision)
Non précisé		
15, 19, 21 et 25 MHz	hamster/cellules pulmonaires	Rupture chromosomique
27 MHz	rat/foie et cerveau	Diminution de l'activité enzymatique
39 MHz	ténébrion	Atteinte des ovaires et des testicules, gêne de la capacité de reproduction
60 MHz	rat	Effets gastro-intestinaux
10, 15 et 19, 3 MHz	souris	Aucun effet des radiations sur la croissance et le développement

3. NIVEAUX MAXIMAUX D'EXPOSITION RECOMMANDÉS AU CANADA

Les dispositifs diélectriques chauffants HF fonctionnent sur une gamme de fréquences variant entre 1 et 100 MHz. Pour ces fréquences, les niveaux maximaux recommandés par le Code de sécurité - 6(1) pour "l'exposition professionnelle" des travailleurs dans les établissements fédéraux sont les suivants:

1. Pour l'exposition à l'organisme entier ou d'une partie du corps (y compris les extrémités), moyenne établie sur une minute:
intensité efficace du champ électrique 300 V/m
intensité efficace du champ magnétique 0,8 A/m
densité de puissance 25 mW/cm²
2. Pour l'exposition à l'organisme entier ou d'une partie du corps à l'exception des extrémités (membres comprenant les bras et les cuisses) moyenne établie sur une heure:
intensité efficace du champ électrique 60 V/m
intensité efficace du champ magnétique 0,16 A/m
densité de puissance 1 mW/cm²
3. Pour l'exposition à l'organisme entier ou d'une partie du corps (à l'exception des extrémités) pour des périodes d'exposition supérieures à 1 minute, mais inférieures à 1 heure, la durée maximale, t (en minutes), pendant laquelle une personne peut être exposée au champ ne doit pas excéder:
$$t = 60/W,$$
ou W (mW/cm²) est la densité de puissance équivalente d'onde plane. La densité de puissance équivalente correspondant à l'intensité efficace du champ électrique E (V/m) et à l'intensité efficace du champ magnétique H (A/m) est:
$$W = E^2/3770,$$
$$W = 37,7 H^2$$
4. Pour l'exposition des extrémités, moyenne établie sur une heure:
intensité efficace du champ électrique 200 V/m
intensité efficace du champ magnétique 0,5 A/m
densité de puissance 10 mW/cm²
5. Pour l'exposition des extrémités pour des périodes supérieures à 1 minute, mais inférieures à 1 heure, la durée maximale, t (en minutes), pendant laquelle les extrémités peuvent être exposées au champ ne doit pas excéder:
$$t = 600/W$$
où W (mW/cm²) est la densité de puissance équivalente d'onde plane.

4. CARACTÉRISTIQUES DES DISPOSITIFS DIÉLECTRIQUES CHAUFFANTS

Il existe sur le marché plusieurs dispositifs diélectriques chauffants de conception différente. Le dispositif chauffant classique comprend une enceinte abritant le générateur HF et les éléments électroniques, une presse, un applicateur ou matrice où la matière à traiter est soumise à l'énergie HF, et un bâti d'assise qui supporte et déplace la matière traitée (Figure 1).

Les caractéristiques mécaniques et électriques du dispositif chauffant et de l'applicateur influent sur l'exposition de l'opérateur aux champs HF. Parmi les caractéristiques électriques importantes figurent la puissance de sortie HF, la fréquence de fonctionnement et le facteur d'utilisation. Pour un cycle opérationnel typique, le facteur d'utilisation est défini comme le rapport suivant: période de temps pendant laquelle l'énergie HF est utilisée sur la somme de cette même période plus la période de temps pendant laquelle l'énergie HF n'est pas utilisée. Par exemple, si dans le cas d'une scelleuse de plastique, l'énergie HF est utilisée pendant 3 secondes, suivies d'un temps d'arrêt de 30 secondes pour permettre l'acheminement d'un nouveau lot de matière plastique sous l'applicateur, le facteur d'utilisation est alors égal à $3/(30+3) = 0,09$.

Les caractéristiques mécaniques du dispositif, sa conception et sa construction, et particulièrement celles de son applicateur sont importantes. Il y a deux sources de champs HF errants auxquels l'opérateur peut être exposé. La source principale est l'applicateur et, à moins que ce dernier ne soit entièrement blindé, il y aura toujours un certain rayonnement de fuite. Dans le cas des dispositifs conçus de façon que l'applicateur soit inséré dans une enceinte métallique bien ajustée ou enchevauchée, il n'y a pratiquement aucune fuite d'énergie HF. Pour les applicateurs non blindés, l'intensité du champ électrique et magnétique errant dépend de la taille et de la forme de l'applicateur ainsi que de la matière traitée. L'intensité des champs diminue en fonction de la distance par rapport à l'applicateur, mais le taux de diminution dépend de la conception de l'applicateur et ne peut être déterminé que par la mesure. Les intensités du champ peuvent varier considérablement à divers points situés à la même distance de la surface externe de l'applicateur.

Le générateur d'énergie HF constitue la deuxième source potentielle de champs HF errants. Normalement, il est logé dans une enceinte métallique et, si la porte est maintenue fermée et si tous les écrans sont en place, il n'y a pratiquement aucun rayonnement de fuite. Il arrive souvent que l'enceinte soit munie d'un système de verrouillage qui rend impossible l'utilisation du générateur HF lorsque la porte est ouverte.

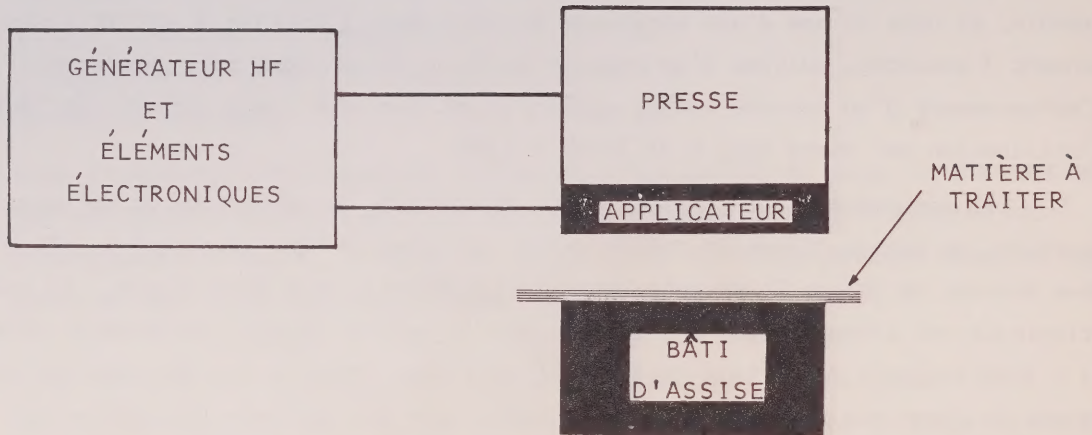


Figure 1-Éléments de base d'un dispositif diélectrique chauffant HF

5. CONTRÔLE DES RAYONNEMENTS HF

Pour déterminer l'exposition aux rayonnements HF des opérateurs de dispositifs diélectriques chauffants, l'intensité du champ électrique et du champ magnétique doit être mesurée. Il faut utiliser deux sondes avec un instrument de mesure compatible ou deux instruments séparés.

5.1 Instrumentation

Les caractéristiques suivantes doivent être envisagées dans le choix d'instruments convenables pour la mesure des champs HF.

(a) Grandeur L'unité utilisée pour mesurer l'intensité du champ électrique est le volt par mètre (V/m). Certains appareils de mesure peuvent faire appel à des unités de densité de puissance, c'est-à-dire mW/cm^2 ou W/m^2 ($1 \text{ mW}/\text{cm}^2 = 10 \text{ W}/\text{m}^2$). Dans ce cas, l'intensité du champ électrique, E , peut être calculée à partir de l'équation suivante:

$$E = \sqrt{W \times 377},$$

où W est la densité de puissance en W/m^2 .

L'unité utilisée pour mesurer l'intensité du champ magnétique est l'ampère par mètre (A/m). Si l'appareil de mesure est gradué en unités de densité de puissance, l'intensité du champ magnétique, H , peut être calculée à partir de l'équation suivante:

$$H = \sqrt{W/377},$$

où W est la densité de puissance en W/m^2 .

(b) Précision La précision de l'appareil devrait être d'au moins $\pm 2 \text{ dB}$.

(c) Réponse en fréquences L'appareil devrait être conçu pour fonctionner à la même fréquence que le dispositif diélectrique chauffant. Il est recommandé d'utiliser les appareils à large bande de fréquences (vaste gamme de fréquences). Une réponse sur large bande de fréquences nous permet d'être certains que les composantes du champ de la fréquence fondamentale et de ses harmoniques sont mesurées. Dans le cas de certains dispositifs, jusqu'à 10% de l'énergie peut être observée aux fréquences harmoniques.

(d) Réponse spatiale Les champs électriques et magnétiques sont des quantités vectorielles, c'est-à-dire qu'en n'importe quel point de l'espace, ils sont caractérisés par deux paramètres, l'amplitude et la direction.

Étant donné que la direction des champs autour d'un dispositif diélectrique chauffant est inconnue, la sonde de l'appareil de mesure du champ doit répondre avec la même sensibilité à un champ orienté dans n'importe quelle direction; on dit de ce type de sonde qu'elle possède une réponse spatiale isotrope. Toutefois, si l'on ne dispose que d'une sonde ne répondant qu'à une seule direction du champ, on peut tout de même réaliser les mesures. Dans ce cas, la sonde doit être orientée suivant trois axes, chacun étant perpendiculaire aux deux autres; après avoir noté les lectures de l'appareil pour les trois positions (par exemple E_x , E_y , E_z), on peut calculer le champ total à l'aide des équations suivantes:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$
$$\text{et } H = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2}$$

(e) Réponse en champ proche Il est évident que les appareils devraient être conçus pour fonctionner en champ proche. Les mesures ayant trait aux dispositifs diélectriques chauffants HF sont faites à des distances de l'applicateur qui sont petites ou comparables à la longueur d'onde du rayonnement HF (par exemple, pour une fréquence de 30 MHz, la longueur d'onde est de 10 m). Ces distances se situent à l'intérieur du champ proche de la source de rayonnement (dans le présent cas, l'applicateur). Il est indispensable que les appareils utilisés pour ces contrôles soient capables de fonctionner dans ces conditions.

(f) Réponse de modulation Étant donné que les intensités des champs HF provenant des dispositifs diélectriques chauffants varient avec le temps (elles sont modulées en amplitude à 60 Hz), il est nécessaire que l'appareil donne une valeur efficace réelle de l'intensité du champ.

(g) Temps de réponse Le temps de réponse de l'appareil ne devrait pas dépasser 1 seconde. Il s'agit là d'une exigence essentielle du fait que, dans le cas de plusieurs dispositifs diélectriques chauffants, la durée d'émission de l'énergie HF n'est que de 3 secondes.

Le temps de réponse est défini comme le temps nécessaire à l'indicateur d'un appareil de mesure pour atteindre 90 pour cent de sa lecture finale stabilisée lorsque l'appareil est soumis à un signal en échelon.

(h) Sensibilité à la température Étant donné que les dispositifs chauffants sont utilisés dans des milieux dont la température varie d'environ 5 à 30° C, l'appareil devrait être capable de fonctionner dans cette étendue de températures sans entraîner une perte de précision supérieure à ± 3 dB.

(i) Autres caractéristiques Fonctionnement sur piles, bonne protection contre la surcharge, c'est-à-dire 100 fois l'étendue de l'appareil, et construction solide sont d'autres caractéristiques recommandées pour les appareils de mesure.

5.2 Méthode de contrôle

Les intensités du champ HF doivent être mesurées à l'endroit où travaillent normalement les opérateurs. Si le poste de travail de l'opérateur est situé à moins de 0,5 m du dispositif HF, ce dernier doit s'éloigner à une distance d'au moins 0,5 m du dispositif lorsque les mesures sont prises.

Les intensités maximales du champ doivent être déterminées à quatre endroits pour chacun des opérateurs. Les endroits recommandés sont la tête, la poitrine, la taille et les gonades.

La sonde doit être tenue à bout de bras par l'enquêteur et l'appareil ainsi que l'enquêteur lui-même doivent être aussi éloignés que possible de la sonde, afin de minimiser les perturbations du champ.

Pour éviter de surcharger et d'endommager l'appareil de mesure, l'enquêteur devrait commencer à mesurer à partir du poste de travail le plus éloigné de l'applicateur. Si les postes de travail sont près de l'applicateur, il faut commencer à mesurer à partir d'une certaine distance, par exemple 3-4 m.

En plus des intensités du champ, il faut déterminer le facteur d'utilisation.

Un exemple de données de contrôle obtenues pour un endroit est illustré ci-dessous. Les valeurs mesurées sont soulignées.

Modèle du dispositif:	AB Heat, 100
Fréquences:	27,12 MHz,
Puissance de sortie:	10 kW,
Temps de marche:	<u>3 sec</u> ; temps d'arrêt: <u>27 sec</u>
Facteur d'utilisation:	0,1

Opérateur N° 1

Endroit	Tête	Poitrine	Taille	Gonades
E Max.*	<u>100 V/m</u>	<u>120 V/m</u>	<u>140 V/m</u>	<u>130 V/m</u>
H Max.*	<u>0,5 A/m</u>	<u>1,2 A/m</u>	<u>0,6 A/m</u>	<u>0,4 A/m</u>
E corrigé par le facteur d'utilisa- tion**	31,6 V/m	38 V/M	44,3 V/m	41 V/m
H corrigé par le facteur d'utilisa- tion**	0,16 A/m	0,38 A/m	0,19 A/m	0,13 A/m

* Valeurs maximales obtenues avec l'appareil de mesure.

** Le facteur d'utilisation a trait à E^2 ou H^2 ;
par conséquent, E corrigé par le facteur
d'utilisation = E Max. x $\sqrt{\text{facteur d'utilisation}}$

En plus de la vérification des intensités du champ au poste de travail des opérateurs, il faut vérifier la zone entourant le générateur. Il faut également vérifier tous les écrans de blindage et tous les systèmes de verrouillage pour s'assurer qu'ils sont bien en place, qu'il fonctionnent bien et que la porte est fermée.

6. CONTROLE DE L'EXPOSITION DE L'OPÉRATEUR

Pour contrôler l'exposition de l'opérateur d'un dispositif diélectrique chauffant à radiofréquence, les procédures suivantes devraient être suivies:

(a) Contrôles Un contrôle des champs HF devrait être fait pour chaque dispositif chauffant lorsqu'il est installé et chaque fois qu'est apportée une modification quelconque susceptible d'influencer les champs HF. Des mesures doivent être prises avec chacun des applicateurs conçus pour le dispositif chauffant et avec la puissance de sortie HF maximale précisée pour chaque applicateur.

Les résultats de contrôle doivent être comparés aux limites recommandées dans le Code de sécurité - 6(1). Pour chaque poste de travail et partie du corps, il faut considérer quatre valeurs: l'intensité maximale du champ électrique; l'intensité du champ électrique corrigée par le facteur d'utilisation; l'intensité maximale du champ magnétique; et l'intensité du champ magnétique corrigée par le facteur d'utilisation. Ces valeurs ne devraient pas excéder les limites suivantes:

Champ électrique maximal 300 V/m (25 mW/cm²)

Champ électrique corrigé par le facteur d'utilisation 60 V/m (1 mW/cm²)

Champ magnétique maximal 0,8 A/m (25 mW/cm²)

Champ magnétique corrigé par le facteur d'utilisation 0,16 A/m (1 mW/cm²)

(Les valeurs entre parathèse indiquent les densités de puissance équivalentes).

(b) Mesures correctives Si les expositions dépassent ces limites, il faut prendre des mesures correctives. On peut limiter l'exposition par le blindage du dispositif ou de ses éléments, ou par l'éloignement des postes de travail. Le blindage constitue la meilleure solution.

(c) Blindage Pour ce qui est des parties du dispositif chauffant où survient une fuite excessive d'énergie HF (normalement, autour de l'applicateur), il faut procéder au blindage ou à l'installation d'un écran. Des feuilles ou des bandes de métal minces et flexibles attachées à la matrice supérieure, et en contact avec la matrice inférieure de l'applicateur lorsque la pression est appliquée, fournissent un blindage efficace. Le blindage doit entourer complètement l'applicateur. L'efficacité du blindage doit être déterminée par des mesures.

(d) Poste de travail de l'opérateur Lorsque les intensités de champs ne dépassent pas trop les limites (pas plus de 50 pour cent), on peut contrôler l'exposition de l'opérateur en éloignant le poste de travail de l'applicateur.

Les dispositifs d'acheminement automatiques, les systèmes d'alimentation par table tournante et les autres moyens permettant la manipulation à distance de la matière à traiter sont utiles pour éloigner les opérateurs de l'applicateur du dispositif chauffant.

(e) Système de verrouillage Pour contrôler la fuite d'énergie HF provenant du générateur de radiofréquences, la porte de l'enceinte où est logé le générateur devrait être munie d'au moins un système de verrouillage qui empêche la production d'énergie HF lorsque la porte est ouverte.

(f) Indicateur de fonctionnement Il devrait y avoir un indicateur clair, visible à une distance d'au moins 3 mètres du dispositif chauffant, pour signaler que le système de production d'énergie HF est en marche.

(g) Formation du personnel L'utilisation des dispositifs chauffant à radiofréquences devrait être limitée au personnel ayant une formation appropriée. Les opérateurs devraient être au courant des précautions à prendre pour limiter l'exposition personnelle. Par exemple, si l'exposition de l'opérateur est contrôlée par l'emplacement de son poste de travail, ce dernier devrait apprendre à ne pas s'approcher du dispositif chauffant lorsque le système de production d'énergie HF est en marche.

(h) Symboles de mise en garde Les zones où les intensités du champ HF dépassent les limites recommandées devraient être indiquées. Le symbole de mise en garde présenté à la Figure 2 devrait être de telle dimension qu'il soit reconnaissable et lisible à une distance de 3 mètres.

(i) Entretien et réparation Les dispositifs diélectriques chauffants à radiofréquences devraient faire l'objet d'un entretien régulier et, lorsque la chose est nécessaire, devraient être réparés par une personne compétente, qui connaît tous les aspects de la conception, de la construction et du fonctionnement des dispositifs en ce qui a trait au contrôle des fuites de rayonnement HF. Le réparateur devrait prendre des précautions spéciales pour s'assurer que toutes les pièces du blindage et tous les écrans sont en place.

(j) Accès limité Lorsque les intensités du champ autour d'un dispositif chauffant HF dépassent les limites recommandées, l'accès de la pièce ou de la zone clairement délimitée où est installé le dispositif chauffant, devrait être limité aux opérateurs des dispositifs, au personnel d'entretien, aux superviseurs autorisés ainsi qu'au personnel de l'hygiène et de la sécurité du travail.



Figure 2 - Symbole de mise en garde

BIBLIOGRAPHIE

1. Code de sécurité - 6, "Procédures de sécurité recommandées pour l'installation et l'utilisation des dispositifs à radiofréquences et micro-ondes de la gamme 10 MHz - 300 GHz". Santé et Bien-être social Canada, Direction de l'hygiène du milieu. Publication 79-EHD-30 février, 1979.
2. "Les radiofréquences et la santé" parties I et II, Énoncé des critères de l'hygiène du milieu, Santé et Bien-être social Canada, Direction de l'hygiène du milieu. Publications 77-EHD-13, 1977 et 78-EHD-22, 1978.
3. "Les effets biologiques des radiofréquences et des micro-ondes". Publication NRCC 16448, Conseil national de recherche du Canada, 1979.
4. "Rapport de l'étude sur les réchauds à haute fréquence", Santé et Bien-être social Canada, Direction de l'hygiène du milieu. Publication 80-EHD-47, 1980.
5. M.A. Stuchly, M.H. Repacholi, D. Lecuyer et R. Mann, "Radiation Survey of Dielectric (RF) Heaters in Canada", J. Microwave Power, Vol. 15, N° 2, 1980.
6. J.C. Monahan, "The Biological Effects of 3 to 70 MHz Electromagnetic Radiation", HHS Publication (FDA), U.S. Dept. of Health and Human Services, 1981.

CA1 HW 1180E58

Canada. DNHW. EHD.

80-EHD-58

DIELECTRIC (RF) HEATERS GUIDELINES FOR LIMIT

RADIO FREQUENCY EXPOSURE 1988

**RESOURCE CENTRE
INST. FOR ENVIRON'L STUDIES
UNIVERSITY OF TORONTO**





80-EHD-58

lignes directrices pour la limitation de l'exposition aux radiofréquences engendrées par les dispositifs diélectriques pour le chauffage à radiofréquence (hf)

